

07;12

ЭКСИМЕРНЫЙ ЛАЗЕР С ЯДЕРНОЙ НАКАЧКОЙ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ ГЕНЕРАЦИИ 308 НМ

© А.А.Мавлютов, А.И.Миськевич

Исследования по прямой ядерной накачке эксимерных лазеров были начаты сразу после открытия этого класса лазеров более чем 20 лет назад [1-4], однако лазерная генерация на переходах эксимерных молекул не получена. Все экспериментальные работы были связаны с лазером на В-Х-переходе молекулы ХеF, поскольку расчеты кинетики эксимерных лазеров предсказывали достижимые в условиях ядерной накачки пороговые мощности накачки ($< 10 \text{ кВт/см}^3$) только для данного лазера. В настоящей работе проводились исследования по ядерной накачке активных сред лазера на В-Х-переходе молекулы ХеCl и получена генерация лазерного излучения в длине волны 308 нм при возбуждении Ag-Хе-НСl-смеси с осколками деления урана.

Выбор ХеCl системы был обусловлен результатами предварительных люминесцентных исследований активных сред лазеров на галогенидах инертных газов [5], в ходе которых наибольшая эффективность эксимерной люминесценции (до 15%) была получена в хлорсодержащих газовых смесях. Эффективность люминесценции с длиной волны 351 нм была в 3 раза меньше [5].

Результаты сравнения люминесцентных данных для ХеCl-среды и активной среды $^3\text{He-Ne-Ag}$ -лазера с ядерной накачкой [6], полученных с использованием единого экспериментального оборудования, позволяли утверждать [5], что порог генерации ХеCl(В-Х)-лазера не должен превышать 500 Вт/см^3 .

Генерационные опыты проводились на импульсном ядерном реакторе ЭБР-Л [7]. При длительности импульса тепловых нейтронов $\sim 300 \text{ мкс}$ пиковая плотность потока достигала $2 \cdot 10^{17} \text{ н/см}^2 \cdot \text{с}$.

Корпус лазера был изготовлен из тонкостенной трубы $\text{Ø}32 \times 830 \text{ мм}$ из стали Х18Н9Т. Внутри лазера помещался алюминиевый вкладыш $\text{Ø}15 \text{ мм}$ и длиной 600 мм, на внутреннюю поверхность которого был нанесен слой окиси-закиси обогащенного урана-235 толщиной $\sim 2 \text{ мг/см}^2$. К корпусу были приварены два фланца, в которых размещались зеркала резонатора $\text{Ø}40 \times 8 \text{ мм}$, юстировочные узлы, защитные

трубки и два вакуумных ввода для напуска газовой смеси и ее прокачки через систему очистки. Использовались многослойные диэлектрические сферические зеркала ($R=10$ м) на кварцевой подложке с коэффициентом отражения на длине волны $\lambda = 308$ нм 99.92 и 99.95%.

Лазер с помощью двух трубок $\varnothing 8$ мм и длиной 5 м каждая присоединялся к системе откачки, напуска, очистки и прокачки газа. В системе очистки инертных газов от молекулярных примесей типа N_2 , O_2 , H_2O , CO_2 и пр. применялись разработанные нами фильтры на основе разогретой до $600^\circ C$ титановой губки и паров металлического натрия при температуре $400^\circ C$. Для приготовления многокомпонентных газовых смесей использовалась так называемая мерная трубка в сочетании с герметичным прокачным насосом. Подробнее вакуумная система описана в [8].

К каждому импульсу газовая смесь подготавливалась в два этапа: сначала за 60–80 мин до нейтронного импульса накачки лазер заполнялся Ag–Xe-смесью заданного состава и давления. Эта смесь непрерывно прокачивалась через активный объем лазера и систему газовых фильтров и за 2 мин до нейтронного импульса накачки газовые фильтры отключались, а в смесь дистанционным образом вводилась третья хлорсодержащая компонента (CCl_4 или HCl). После этого продолжалась прокачка тройной смеси до импульса накачки.

Световое излучение лазера регистрировалось спектрографом ИСП-28 на фотопластинку.

Было опробовано четыре состава газового наполнения лазера:

- 1) Ag — 770 Тор, Xe — 3 Тор, CCl — 0.35 Тор;
- 2) Ag — 1440 Тор, Xe — 17 Тор, CCl_4 — 0.67 Тор;
- 3) Ag — 770 Тор, Xe — 1.5 Тор, CCl_4 — 0.1 Тор;
- 4) Ag — 770 Тор, Xe — 9 Тор, HCl — 1.5 Тор.

На рис. 1, а приведен спектр излучения, характерный для смеси 4. Несмотря на очень низкий коэффициент пропускания зеркала на длине волны 308 нм ($\tau = 0.0005$), интенсивность излучения В-Х-полосы сравнима с интенсивностью излучения в области 350 нм, где пропускание зеркала составляло 70–80%. На рис. 1, б приведен для сравнения спектр люминесценции смеси того же состава, возбуждаемый изотопным α -источником ^{238}Pu и зарегистрированный через использованное в лазере зеркало. Спектры отнормированы по интенсивности люминесценции в области 350 нм с учетом спектральной чувствительности фотопластинки и ФЭУ. Интенсивность полосы 308 нм в спектре рис. 1, а почти в 5

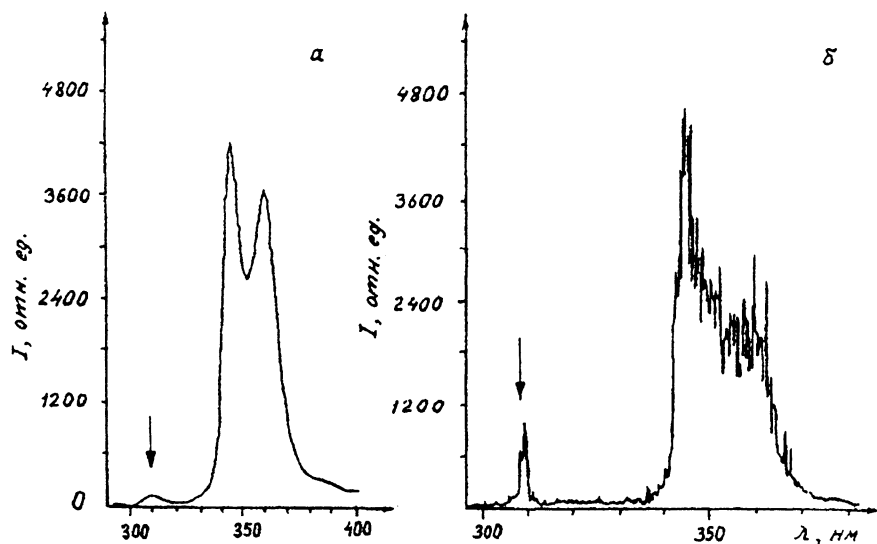


Рис. 1. Спектр люминесценции Ag-Xe-HCl-смеси, измеренный через выходное лазерное зеркало, при накачке α -частицами изотопного источника ^{238}Pu (а) и осколками деления ^{235}U (б) (энерговклад $\sim 1 \text{ кВт/см}^2$). Состав смеси: Ag — 770 Тор, Хе — 9 Тор, HCl — 1.5 Тор. Стрелкой указано положение полосы В-Х-перехода молекулы ХеСl.

раз выше, чем ее интенсивность на рис. 1, б. Для смесей 1 и 2 при накачке осколками деления урана относительная интенсивность полосы 308 нм превышала в 1,5–2 раза ее интенсивность в люминесцентных измерениях, а в спектре для смеси 3 с малым содержанием четыреххлористого углерода полоса 308 нм отсутствовала.

На рис. 2 приведена форма В-Х-полосы молекулы ХеСl ($\lambda = 308 \text{ нм}$), измеренная при возбуждении Ag-Xe-HCl-смеси (смесь 4) α -частицами (рис. 2, а) и при возбуждении осколками деления урана (энерговклад $\sim 1 \text{ кВт/см}^2$) (рис. 2, б). Сужение полосы излучения и перестройка линий, соответствующих различным колебательным подуровням В-Х-полосы молекулы ХеСl, на рис. 2, б свидетельствуют о существовании генерационного режима при высоком уровне накачки. В генерационном спектре наибольшую интенсивность имеют две линии с длинами волн, соответствующими переходам В ($\nu' = 0$)-Х ($\nu'' = 2$) и В ($\nu' = 0$)-Х ($\nu'' = 3$). На этих линиях впервые была получена генерация в работе [9] при электронно-пучковой накачке. Однако в нашем случае из-за высокого коэффициента отражения зеркал генерация происходила и на менее интенсивных переходах, что отри-

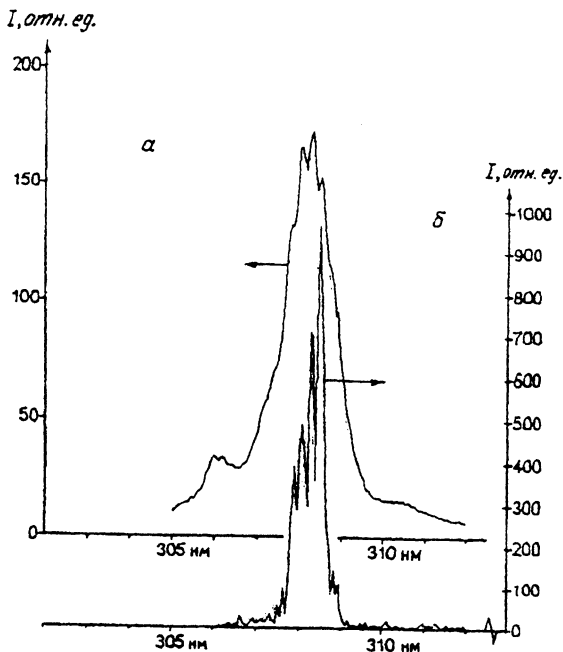


Рис. 2. Форма полосы 308 нм В-Х-перехода молекулы ХеСl в Аг-Хе-НСl-смеси при накачке α -частицами (а) (удельный энерговклад $\sim 10^{-6}$ Вт/см³) и при накачке осколками деления ²³⁵U (б) (удельный энерговклад ~ 1 кВт/см³). Состав смеси: Аг — 770 Тор, Хе — 9 Тор, НСl — 1.5 Тор.

пательно сказывалось на развитии генерации на ярких линиях.

Для смесей 1 и 2 генерационных спектрах наблюдалось сужение полосы 308 нм, аналогичное показанному на рис. 2, б, однако форма полосы существенно не изменялась.

Во всех спектрограммах, в которых зарегистрировалось излучение полосы 308 нм, высота почернения, соответствующая данной полосе, была в 1.3–1.5 раза меньше, чем у других длин волн. Это отличие высот почернения с учетом геометрии экспериментов возможно только в случае направленности излучения с длиной волны 308 нм.

Из-за ограниченного числа реакторных импульсов измерения пороговых энерговкладов и энергии излучения не проводились. По нашим оценкам пороговая плотность потока тепловых нейтронов не превышала $5 \cdot 10^{16}$ н/см² · с. Энергия излучения лазера будет измерена в ближайшее время с использованием в резонаторе лазера выходного зеркала с большим коэффициентом пропускания.

В заключение авторы выражают благодарность Э.П. Магде, В.А. Крыжановскому, О.М. Керимову, Б.С. Саламахе, А.В. Бочкову, С.Л. Мухину за участие в обсуждении полученных результатов и помощь в проведении экспериментов.

Настоящая работа выполнена при содействии ГКРФ по высшему образованию по программе фундаментальных исследований в области ядерной техники и физики пучков ионизирующих излучений.

Список литературы

- [1] *Nagalingam S.J.S., Boody F.P., Miley G.H.* // Proc. of Intern. Conf. on Lasers'79. 1979. P. 229-235.
- [2] *Hays G.H., McArthur D.A., Neal D.R., Rice J.K.* // Appl. Phys. Lett. 1986. V. 49. N 7. P. 363-365.
- [3] *McArthur D.A., Hays G.N., Alford W.J., Neal D.R., Bodette D.E., Rice J.K.* // Laser Interaction and Related Plasma Phenomenon / Ed. by Н. Нора, G.H. Miley. 1988. V.8. P. 75-86.
- [4] *Бочков А.В., Крыжановский В.А., Магда Э.П. и др.* // Тр. конф. ЛЯН-94 (Арзамас-16). 1995. Т. 1. С. 154-161.
- [5] *Мавлютов А.А., Миськевич А.И., Саламаха Б.С.* // Тр. конф. ЛЯН-94 (Арзамас-16). 1995. Т. 1. С. 162-171.
- [6] *Копай-Гора А.П., Миськевич А.И., Саламаха Б.С.* // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 11. С. 23-26.
- [7] *Magda E.P., Grebeyonkin K.F., Kryzhanovsky V.A.* // Proc. Int. Conf. "Lasers'90". San Diego, 1990. P. 827-834.
- [8] *Крыжановский В.А., Мавлютов А.А., Миськевич А.И.* // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 13. С. 90-94.
- [9] *Ewing J.J., Brau C.A.* // Appl. Phys. Lett. 1975. V. 27. N 6. P. 350-352.

Поступило в Редакцию
1 декабря 1995 г.